

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**Pengaruh Variasi Arus terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Kekuatan
Sambungan pada Proses Pengelasan Alumunium dengan Metode MIG**



**Diajukan untuk Memenuhi Tugas dan Syarat-syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Disusun oleh:

Lastono Aji

NIM : D 200 080 022

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2015

HALAMAN PERSETUJUAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Naskah Publikasi Tugas Akhir, "**Pengaruh Variasi Arus terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Kekuatan Sambungan pada Proses Pengelasan Alumunium dengan Metode MIG**", telah disetujui Pembimbing dan disahkan Ketua Jurusan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Lastono Aji
NIM : D 200 080 022

Disetujui pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 04-04-2015

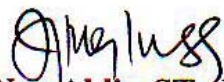
Pembimbing Utama



Tri Widodo B.R,ST., M.Sc., Ph.D.

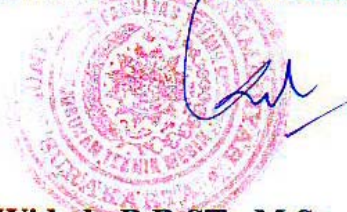
Pembimbing Pendamping

<


Nur Akli, ST., M.Eng.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Tri Widodo B.R,ST., M.Sc., Ph.D.

A. Latar Belakang

Keterbatasan sumber energi bahan bakar minyak (BBM) dewasa ini telah memacu perkembangan teknologi otomotif yang mengarah pada peningkatan efisiensi penggunaan BBM. Penggantian bahan pada komponen kendaraan bermotor baik mesin maupun konstruksinya dengan aluminium atau paduan aluminium dapat mengurangi berat kendaraan sehingga dapat menurunkan konsumsi penggunaan BBM. Dengan demikian, perkembangan proses pengelasan untuk bahan aluminium menjadi sangat penting.

Dalam mendesain sebuah sambungan las pada konstruksi kendaraan, faktor yang harus diketahui adalah teknik pengelasan, pengetahuan bahan dan sifat-sifat bahan ketika mengalami perlakuan panas. Yang termasuk teknik pengelasan adalah pemilihan parameter proses yang meliputi tegangan busur las, besar arus listrik, penetrasi panas, kecepatan pengelasan, jenis elektroda, dan bentuk alur. Pemilihan parameter tersebut sangat penting karena akan mempengaruhi sifat mekanik hasil sambungan las (Wiryosumarto, 2000). Pemilihan parameter ini menjadi semakin penting ketika digunakan pada pengelasan aluminium karena aluminium mempunyai sifat yang relatif kurang baik ketika dilas jika dibandingkan dengan pengelasan baja. Sebenarnya, aluminium memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti tahan korosi, konduktor panas dan listrik yang cukup baik serta mempunyai massa yang ringan. Namun sifat mampu las aluminium kurang baik untuk proses pengelasan dengan metode tradisional. Untuk mengatasi masalah ini maka digunakan teknik pengelasan dengan menggunakan las MIG (*Metal Inert Gas*).

Las MIG merupakan las busur dengan elektrode terumpan, memiliki efisiensi yang tinggi dan biaya yang cukup rendah. Salah satu parameter pengelasan dengan teknik MIG adalah besar arus listrik karena akan mempengaruhi panas yang masuk ke dalam logam. Seorang ilmuwan bernama Cary menyatakan formula las bahwa besar energi panas masukan ke dalam logam berbanding lurus dengan tegangan busur dan kuat arusnya (Cary, 1989). Dari hubungan formula tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar arus akan memberikan semakin besar energi panas. Akan tetapi, besar energi panas yang masuk ke dalam logam las tidak langsung akan meningkatkan kualitas sambungan las karena juga dipengaruhi faktor-faktor lain seperti struktur mikro dan sifat mekanik bahan ketika mendapat perlakuan panas. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meneliti kekuatan sambungan las aluminium.

B. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian tentang sambungan las ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh arus listrik terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik produk las Aluminium paduan.
2. Untuk mengetahui arus listrik yang optimum yang menghasilkan produk yang terbaik.
3. Untuk memperoleh hasil yang terbaik yang dapat menjadi acuan dalam proses pengajaran pengelasan.

C. Batasan masalah

Dalam penelitian ini akan di fokuskan pada proses pengelasan dengan bahan aluminium paduan dengan lima variasi arus yaitu 70 A, 75 A, 80 A, 85 A, 90 A. Sedang struktur mikro diamati pada daerah weld metal, *Heat affected zone* (HAZ) dan logam induk. Sifat fisik yang diteliti yaitu kekerasan pada ketiga daerah tersebut, sedang sifat mekanik berupa kekuatan tarik yang dilakukan sampai sambungan mengalami patah.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa

Secara khusus memberikan gambaran kepada mahasiswa variabel-variabel yang berpengaruh terhadap pengelasan Alumunium paduan.

2. Bidang akademik

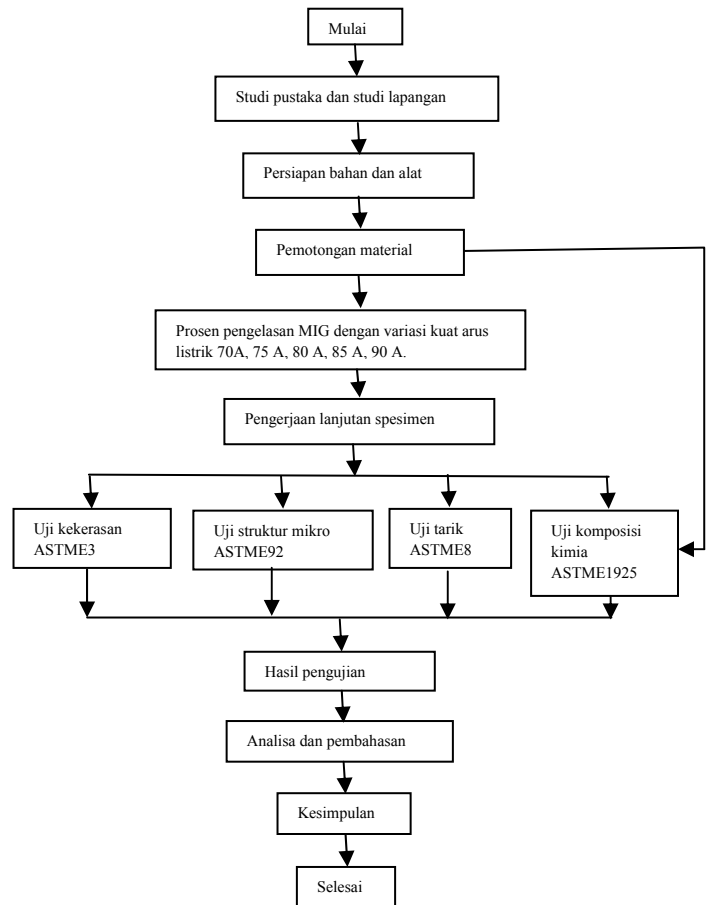
- Sebagai referensi untuk perkembangan dan penelitian selanjutnya mengenai proses pengelasan.
- Dapat memperluas wawasan terhadap ilmu metalurgi sehingga dapat menumbuhkan semangat untuk mempelajari dan melakukan pengembangan dalam penelitian metalurgi mendatang.

3. Pengembangan industri

- Untuk meningkatkan kualitas sambungan dalam material aluminium sehingga menjadi lebih baik.
- Semakin meningkatnya penggunaan proses pengelasan aluminium dalam bidang teknologi otomotif.
- Memberikan masukan atau pertimbangan khusus secara teliti terhadap proses pengelasan alumunium.

E. METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



F. Alat dan Bahan

1. Alat

- Mesin las MIG



Gambar 1. Mesin Las MIG
(Lab. Inlastek 2014)

- b. Alat Uji Tarik (*Universal Testing Machine*)



Gambar 2. Alat Uji tarik
(Lab. Material UNS, 214)

- c. Alat Uji Struktur Mikro



Gambar 3. Alat Uji Struktur Mikro
(Lab. Material UNS, 214)

- d. Alat uji kekerasan (*Vickers mikrohardness*)



Gambar 4. Alat uji kekerasan (*Vickers Mikrohardness*) (Lab. Material UNS, 214)

2. Bahan

1. Aluminium paduan



Gambar 5. Aluminium paduan

Logam yang digunakan adalah Aluminium seri 6015 dengan komposisi: Al = 98,79%, Si = 0,166%, Fe = 0,354%, Mg = <0,0500 % Mn = <0,0200

2. Elektrode yang digunakan jenis ER 5356 dengan komposisi: Mn = 0,05%, Zn = 0,1%, Si = 1,0%Si + Fe, Cu = 0,05 -0,20%.
3. Gas pelindung pengelasan adalah Argon.

3. Langkah Penelitian

- a. Pembuatan spesimen uji sebanyak 25 buah, masing-masing 5 spesimen untuk tiap arus.
- b. Plat dengan ukuran 90 x 200 mm tiap spesimen dipotong bagian tengahnya dan ujung-ujung yang akan dilas dibuat kampuh V.
- c. Plat di besihkan, kemudian dilakukan pengelasan.

Tabel 1 spesifikasi dan parameter pengelasan

No.	Spesifikasi	Parameter
1	Tipe sambungan	V (70°), <i>single butt weld</i>
2	Jenis material	Aluminium paduan
3	Ketebalan material	5 mm
4	Filler metal	ER 5356
5	Ukuran filler	Ø 0,8 mm
6	Jenis Arus	DC+
7	Kuat arus	70 –90 Amp
8	Voltage	20 – 30 V
9	Kecepatan geser	14-20 cm/min
10	Kecepatan pemakanan kawat	14- 20 m/min
10	Panas input	max 3 kJ/mm
11	Gas pelindung	gas argon
12	Kapasitas gas argon	12 L/min
13	Proses pendinginan	Pendinginan udara

- d. Plat yang sudah dilas dipotong-potong kembali dengan ukuran standard uji tarik, uji foto mikro dan uji kekerasan, diperoleh spesimen 20 buah dengan ukuran 200 x 20 mm buat uji tarik, untuk uji struktur mikro dan kekerasan 5 spesimen dengan ukuran 50 x 7 mm.

- e. Plat yang sudah dipotong-potong kemudian dibuat spesimen uji tarik berdasarkan standard ASTM E 8, uji struktur mikro sekaligus buat uji kekerasan.

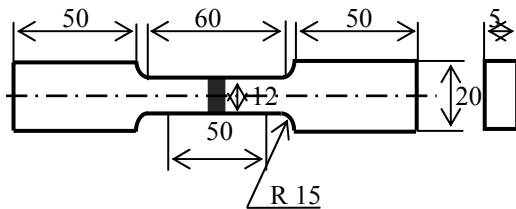
4. Spesimen

- a. Spesimen uji struktur mikro dan kekerasan.



Gambar 6. Spesimen uji struktur mikro dan kekerasan.

- b. Specimen uji tarik

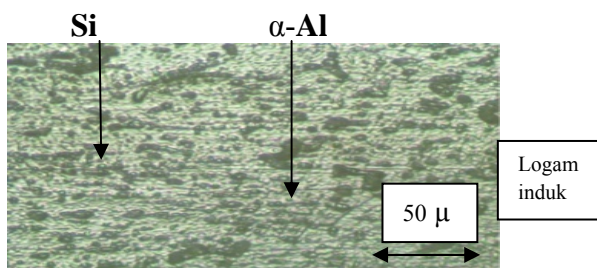


Gambar 7. Spesimen uji tarik.

G. HASIL DAN PEMBAHASAN

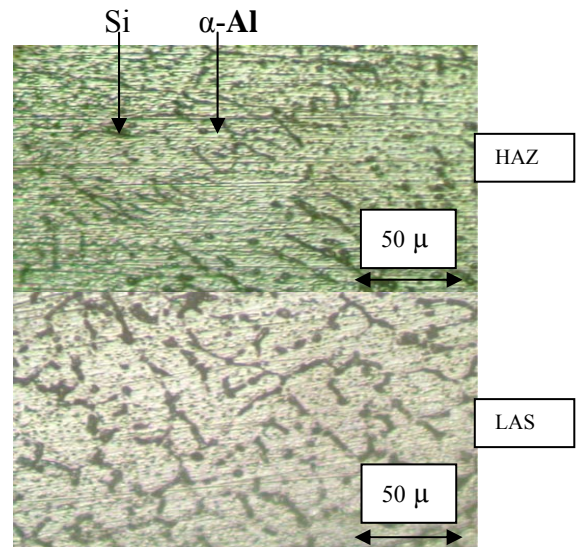
1. Hasil Pengujian Struktur Mikro

- a. Hasil uji struktur mikro pada logam induk.

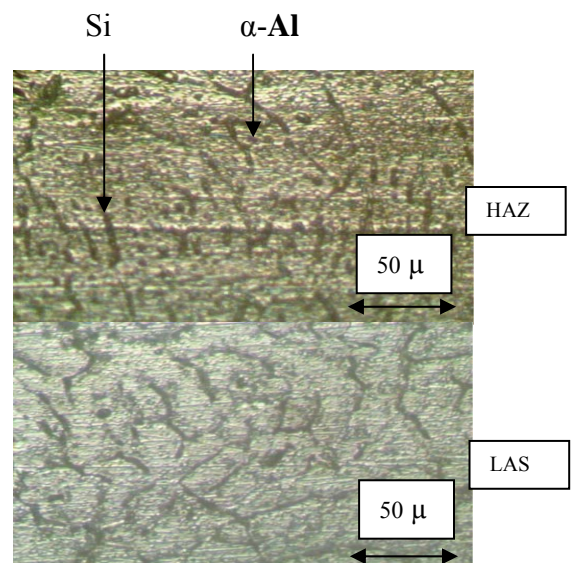


Gambar 8. Uji struktur mikro pada logam induk.

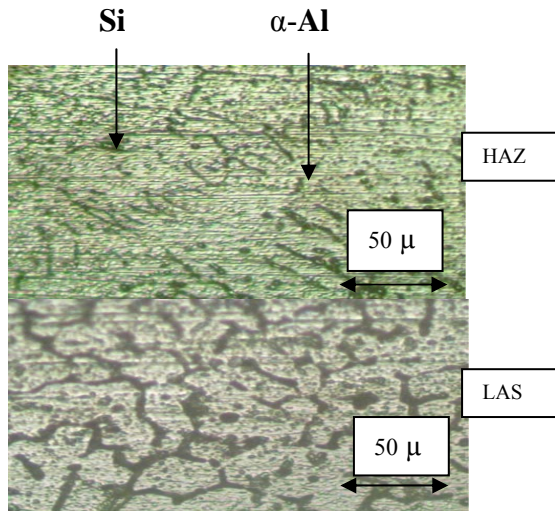
Struktur mikro daerah logam induk menunjukkan tidak adanya perbedaan yang terjadi baik pada metode las dengan arus 70- 90 Ampere. Hal ini dapat terjadi karena daerah logam induk tidak terkena proses pemanasan selama proses pengelasan. Struktur mikro pada daerah ini berupa butir halus seperti. Butir halus pada logam induk menyebabkan kekerasan.



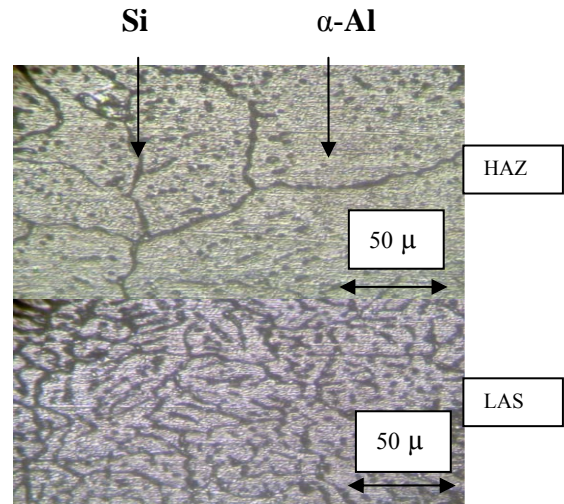
Gambar 9. Uji struktur mikro pada Haz dan las pada arus 70 Ampere.



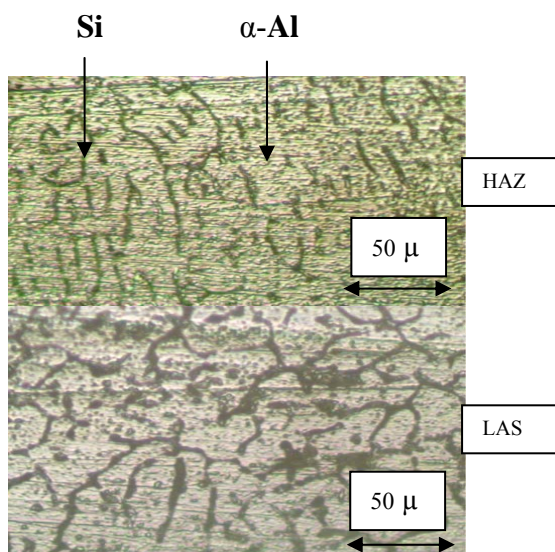
Gambar 10. Uji struktur mikro pada Haz dan las pada arus 75 Ampere.



Gambar 11. Uji struktur mikro pada Haz dan las pada arus 80 Ampere.



Gambar 13. Uji struktur mikro pada Haz dan las pada arus 90 Ampere.



Gambar 12. Uji struktur mikro pada Haz dan las pada arus 85 Ampere.

Struktur mikro daerah HAZ menunjukkan terjadinya pertumbuhan butir pada saat pengelasan. Butir-butir pada daerah HAZ mengalami pengasaran dan berbentuk poligonal. Munculnya partikel halus pada daerah ini merupakan presipitat (Mg_2Si) seperti terlihat pada Gambar 8 - 14.

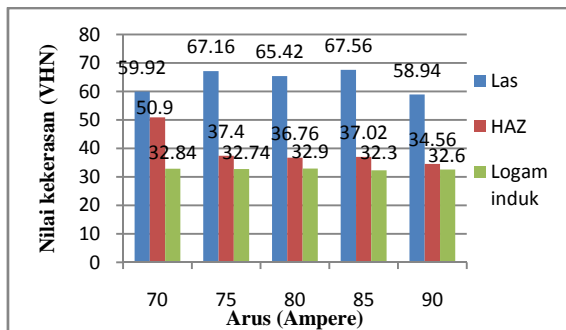
Struktur mikro daerah las secara umum berbentuk dendrit dengan warna gelap yang menunjukkan fasa silikon-magnesium (Mg_2Si) dan atau silikon (Si), sedangkan warna terang merupakan fasa α aluminium seperti telah disampaikan oleh Chakrabarti dan Laughlin (2004). Di lihat dari struktur mikro arus pengelasan 90 Ampere panas yang dihasilkan semakin tinggi hal ini menyebabkan spesimen paling keras di dalam daerah las dan lebih jelas struktur (Mg_2Si) nya. Semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar pula ukuran dendrit tersebut.

2. Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 2. Data hasil uji kekerasan *Vickers Microhardness* las aluminium paduan

Posisi titik uji	Arus 70 A	Arus 75 A	Arus 80 A	Arus 85 A	Arus 90 A
Las	59.92	67.16	65.42	67.56	58.94
HAZ	50.9	37.4	36.76	37.02	34.56
Logam induk	32.84	32.74	32.9	32.3	32.6

Data hasil pengujian *Vickers Microhardness* tersebut kemudian dibuat grafik dan histogram perbandingan harga kekerasan rata-rata.



Gambar 14. Histogram perbandingan harga kekerasan *Vickers Microhardness*.

Dari hasil nilai kekerasan diatas dapat diamati bahwa untuk nilai kekerasan pada base metal cenderung sama. Seperti yang terlihat pada gambar Pada base metal tidak terjadi perubahan kekerasan karena base metal tidak terkena pengaruh panas saat pengelasan berlangsung. Walaupun dari hasil pengujian terlihat harga kekerasan base metal mengalami penurunan, tapi penurunan yang terjadi tidak signifikan. Proses pengelasan aluminium menyebabkan terjadinya presipitasi silicon pada daerah yang menerima input panas besar melampaui

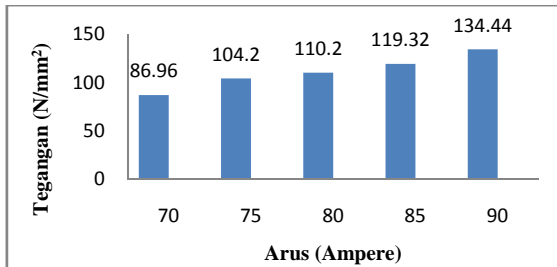
suhu kritis dari aluminium 6015 yaitu pada daerah HAZ dan *weld metal*. Oleh karena itu semakin besar arus pengelasan maka nilai kekerasan pada HAZ semakin menurun, nilai kekerasan tertinggi pada daerah HAZ adalah pada arus 70 A sebesar 50.9 VHN. Selain itu naiknya kekerasan dipengaruhi besarnya gumpalan struktur Mg-Si. Pada daerah *weld metal* harga kekerasan juga dipengaruhi oleh arus yang digunakan, semakin besaar arus pengelasan semakin besar pula nilai kekerasannya. Nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* adalah pada arus 85 A sebesar 67.56 VHN. Jadi dapat diambil kesimpulan kekersan dengan variasi arus pada base metal tidak terpengaruh. Sedang pada HAZ, semakin tinggi arus yang digunakan nilai kekerasannya cenderung mengalami penurunan dan pada *weld metal*, semakin besar arus yang digunakan nilai kekerasan cenderung naik lalu mengalami penurunan.

3. Hasil Pengujian Tarik

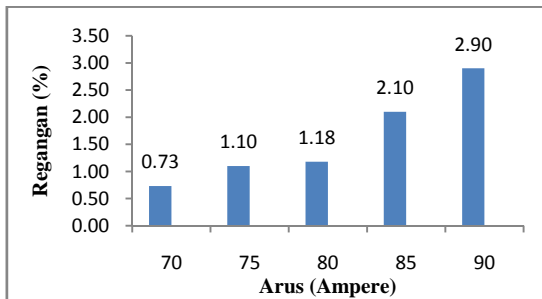
Tabel 3. Data hasil uji tarik

Hasil rata-rata	Arus 70 A	Arus 75 A	Arus 80 A	Arus 85 A	Arus 90 A
Tegangan (N/mm ²)	86.96	99.7	110.2	119.32	134.44
Regangan (%)	5.5	5.5	6.5	12.5	13.5
Elastisitas (Mpa)	49363	31042	35064	21602	13043

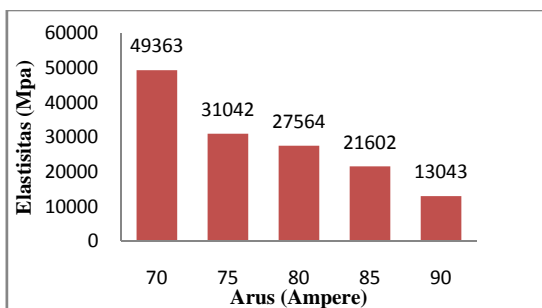
Data hasil pengujian tarik tersebut kemudian dibuat histogram perbandingan harga kekerasan rata-rata.



Gambar 15. Histogram tegangan rata-rata hasil pengelasan



Gambar 16. Histogram regangan rata-rata hasil pengelasan.



Gambar 17. Histogram modulus elastisitas rata-rata hasil pengelasan.

Dilihat dari tabel 3 hasil dari pengelasan arus 70 Ampere mempunyai tegangan tarik rata-rata 86.96 N/mm², regangan tarik rata-rata 0.73 % dan modulus elastisitas 49363 Mpa. Hasil dari pengelasan arus 75 Ampere mempunyai tegangan tarik rata-rata 99.70 N/mm², regangan tarik rata-rata 1.10 % dan modulus elastisitas 31042 Mpa. Hasil dari pengelasan arus 80 Ampere mempunyai

tegangan tarik rata-rata 110.2 N/mm², regangan tarik rata-rata 1.18 % dan modulus elastisitas 35064 Mpa. Hasil dari pengelasan arus 85 Ampere mempunyai tegangan tarik rata-rata 119.32 N/mm², regangan tarik rata-rata 2.10 % dan modulus elastisitas 21602 Mpa. Dan hasil dari pengelasan arus 90 Ampere mempunyai tegangan tarik rata-rata 134.44 N/mm², regangan tarik rata-rata 2.90 % dan modulus elastisitas 13043 Mpa.

Dari data pengujian tarik arus pengelasan yang memiliki tegangan tarik paling tinggi adalah arus 90 Ampere yaitu 134.44 N/mm² hal ini dikarenakan pada proses pengelasan menerima panas lebih tinggi. Dengan pendinginan pada suhu kamar terbentuklah endapan dari unsure Mg-Si yang berukuran kecil-kecil dan tersebar secara merata, endapan inilah yang menghalangi gerakan dislokasi, penambahan unsure Mg-Si pada paduan Al-Mg-Si akan memperbaiki kekerasan dan kekuatan tariknya. Akan tetapi tegangan tarik dari hasil pengelasan tiap arus akan berbeda hasilnya, hal ini dikarenakan terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari proses pengelasan.

Perpatahan setelah mengalami tegangan tarik dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ dan sifat daerah sambungan las. Pada pengujian tarik perpatahan diharapkan terjadi di logam induk atau HAZ. Pada hasil penelitian specimen yang terjadi perpatahan di daerah logam induk adalah pada pengelasan arus 85 Ampere memiliki tegangan tarik 119.32 N/mm² dan arus 90 Ampere 134.44 N/mm², sedangkan pada arus 70 Ampere

sampai arus 80 ampere terjadi perpatahan pada daerah sambungan las.

H. Kesimpulan dan Pembahasan

1. Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian struktur mikro proses pengelasan akan mempengaruhi terbentuknya struktur mikro logam baru. Pada arus pengelasan 90 Ampere, jumlah butiran Mg_2Si pada daerah lasan lebih besar-besar dan tersebar merata di banding arus 70-80 Ampere. Semakin besar arus yang digunakan maka semakin besar pula ukuran dendrit tersebut.
2. Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian kekerasan dengan variasi arus pada logam induk tidak terpengaruh. Sedang pada HAZ, semakin tinggi arus yang digunakan nilai kekerasannya cenderung mengalami penurunan, kekerasan tertinggi pada daerah HAZ adalah pada arus 70 Ampere sebesar 50.9 VHN, dan pada logam las, semakin besar arus yang digunakan nilai kekerasan cenderung naik lalu mengalami penurunan kekerasan tertinggi pada daerah las adalah pada arus 85 Ampere sebesar 67.56 VHN.
3. Berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian tarik, Kuat arus listrik mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik sambungan las aluminium seri 6015 dengan proses las MIG. Kekuatan sambungan las tertinggi diperoleh pada pengelasan dengan menggunakan kuat arus 90 Ampere, dengan kekuatan sambungan las yang dihasilkan sebesar 134.44 N/mm^2 .

I. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut :

1. Untuk penelitian ke depannya supaya didapatkan suatu hasil data yang lebih akurat maka factor-faktor yang perlu diperhatikan adalah: ketelitian proses pembuatan spesimen, pemeriksaan adanya cacat pada spesimen, penggunaan alat uji mekanis yang sesuai dengan karakteristik material serta meminimalisir adanya kesalahan manusia (*human error*).
2. Karena besarnya biaya yang dikeluarkan dalam pengujian maka hendaknya dosen/mahasiswa mempertimbangkan banyaknya spesimen yang akan digunakan dan jenis pengujian yang sesuai.
3. Pada pelaksanaan pengujian konstruksi dengan menggunakan sambungan las MIG hendaknya memperhatikan beberapa parameter, antara lain besarnya arus, jenis elektroda, tegangan pengelasan, posisi pengelasan dan kecepatan pengelasan, sebab semua parameter tersebut dapat berpengaruh terhadap sifat-sifat dari material.
4. Bagi yang tertarik dalam bidang pengelasan, disarankan untuk dapat melakukan penelitian yang lebih variatif baik dalam jenis bahan kawat las elektroda, bentuk kampuh, posisi pengelasan dan pengujian yang dilakukan sehingga dapat menambah pengetahuan dan meningkatkan penelitian dalam bidang pengelasan.